

рофауны и микрофлоры хотя и крайне низки, но имеют положительную динамику. Это подтверждается санитарно-гигиеническими исследованиями [10-11].

Комплекс мероприятий по охране атмосферного воздуха на котельной, муниципального предприятия «Илимпейские теплосети» в поселке Тура включал:

- использование природного газа в качестве основного топлива;
- переоборудование и увеличение высоты дымовых труб;
- оснащение котлоагрегатов приборами, регулирующими количество воздуха и процесс горения, что дает возможность контролировать процесс горения топлива;

В настоящее время Туринская котельная МП «Илимпейские теплосети», полностью реконструирована в соответствии с данными мероприятиями.

Литература.

1. Государственные доклады О состоянии и охране окружающей среды в Эвенкийском автономном округе 2003, 2004, 2005 год.
2. Государственный доклад О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 20012, 2013 год.
3. Государственные доклады О состоянии защиты населения и территорий Эвенкийского автономного округа от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. 2003, 2004, 2005 год
4. Государственные доклады О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. 2012, 2013 год
5. Басов А.В. Параметрический мониторинг газовых выбросов теплоэнергетических установок / А.В. Басов, А.А. Кетов, Д.Д. Сулимов, А.В. Серов //Экология и промышленность России, 2005, №1. – С.20–21.
6. Материалы Государственного архива ЭАО Вести Законодательного Собрания (Суглана) Эвенкийского автономного округа – 960с
7. Амосов А.Е. Моя земля – Эвенкия / А.Е. Амосов, Красноярск: Буква, 2006 – 186 с.
8. Материалы архива Муниципального Казенного учреждения Управление по делам ГО и ЧС по Эвенкийскому муниципальному району. Том 2, 2000 – 480с.
9. Нурмеев Б.К. Мероприятия по сокращению выбросов в атмосферу при сжигании топлива / Б.К. Нурмеев // Экология и промышленность России, 2005, № 10. С. 32–33
10. Бузинков Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф. Бузинков К.Ф. Роддатис Э.Я. Берзиньш, М.: Энергоатомиздат, 1984, – 248 с.
11. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива / Сигал И.Я., Л.: Энергия, 1977 – 315 с.
12. Басов А.В. Параметрический мониторинг газовых выбросов теплоэнергетических установок / А.В. Басов, А.А. Кетов, Д.Д. Сулимов, А.В. Серов //Экология и промышленность России, 2005, № 1. С. 20–21.

#### **РАЗНОВИДНОСТИ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ В ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**

*В.Н. Заикина, аспирант, А.А. Околелова, д.б.н., проф., М.П. Корчагина, магистр  
Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия  
400131, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, тел. 8(8442) 24-84-33  
E-mail: veronikazaikina@mail.ru*

Аннотация. В статье приведены сведения об экспериментальных исследованиях и анализе содержания валовых, подвижных и водорастворимых форм тяжелых металлов (ТМ): меди, цинка, никеля в светло-каштановых почвах разного гранулометрического состава и аллювиальных почвах Волгоградской агломерации. Во всех исследуемых почвах обнаружено превышение ПДК валовых и подвижных форм Cu, Ni, а обеих форм Zn – только в светло-каштановой почве АЗС № 3. Максимальная степень подвижности характерна для Cu и Zn, минимальная – у Ni.

Abstract. The article presents information about the experimental studies and the analysis of the content of the gross, and water-soluble mobile forms of heavy metals (HM): copper, zinc, nickel in light-brown soils of different granulometric composition and alluvial soils of the Volgograd agglomeration. In all the studied soils discovered excessive concentrations of gross and mobile forms of cu, Ni, and Zn in both forms

– only in light chestnut soil station number 3. The maximum degree of mobility typical for Cu and Zn, the minimum at Ni.

В черте Волгоградской агломерации расположено большое количество антропогенных источников загрязнения окружающей среды: промышленные предприятия, транспортные магистрали, АЗС и другие. Это является главной причиной мощного потока поллютантов (тяжелых металлов и др.), поступающего в почвы урболандшафтов региона. Поэтому необходима разработка эффективных и экологически безопасных мероприятий для снижения «металлического пресса», которая невозможна без мониторинга содержания тяжелых металлов (ТМ), различных форм их нахождения в почвах вблизи источников антропогенного воздействия на экосистемы.

Тяжелые металлы в почвах могут содержаться в водорастворимом, ионообменном и адсорбированном состоянии. В водорастворимую фракцию переходят свободные ионы металлов и их растворимые комплексы с неорганическими анионами или органическими лигандами различной прочности. Они, как правило, представлены хлоридами, нитратами, сульфатами и органическими комплексными соединениями, которые могут составлять до 99% от общего их количества [3]. Обменная фракция представлена обменосорбируемыми соединениями ТМ, связанными с различными составляющими почвы: глинистыми минералами, гидроксидами Fe, Al, Mn, Sn, органическим веществом. В фракцию, связанную с Fe, Mn, входят металлы, образующие прочные поверхностные комплексы. К фракциям, связанными с органическим веществом, относятся металлы, образующие с ними, прочные метало органические соединения. К адсорбированной фракции относятся прочносвязанные ТМ, входящие в кристаллическую решетку первичных и вторичных минералов почвы и неспособными переходить в раствор в природных условиях. К ионообменной фракции относится часть микроэлементов в составе корбонатов, органических и аморфных веществ в виде гидроксидов Fe и Mn [15].

Л. М. Дмитраков с соавторами [5] считают, что более объективную оценку загрязнения почв можно получить при определении в них содержания подвижных форм металлов, а не валовых. Ю. В. Алексеев [1] разделяет подвижные формы на 5 групп: общее содержание, кислоторастворимые фракции, обменные, органо-минеральные, водорастворимые.

#### **Объекты и методы исследования**

Объекты исследования расположены на территории Волгоградской агломерации:

- АЗС № 1, г. Волжского, в 800 м от ОАО «Волжский трубный завод»; светло-каштановая глинистая почва;

- АЗС № 3 г. Волжского, в 300 м от сталеплавильного цеха ОАО «Волжский трубный завод», светло-каштановая песчаная почва;

- Речпорт, левый берег р. Волги напротив Речпорта, в 8,7 км от АО «Волгоградский металлургический комбинат «Красный Октябрь» и в 3 км от Волжской ГЭС. Почва Речпорта (СЗЗ) – аллювиальная дерновая песчаная.

Отбор проб почв проводили с глубины 0-20 см по ГОСТу 17.4.3.01-83. Анализировали валовое содержание элементов I (Zn), II (Ni, Cu) классов опасности на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ (г. Ростов-на-Дону) рентгенофлуоресцентным методом на приборе «Спектроскан МАКС-GV». А также проводили анализ подвижных форм элементов: Zn, Ni, Cu методом атомно-абсорбционной спектроскопии по МУ ЦИНАО 1992 в лаборатории «Агрохимия» Волгограда и содержание водорастворимых форм Cu – на приборе «Спектрофотометр UNICO 2100» фотометрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:48-96 (изд. 2011 г.), Zn – на анализаторе жидкости «Флюорат-02-3М» флуориметрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:4.183-2002 (изд. 2014 г.), Ni – на приборе «Спектрофотометр UNICO 2100», фотометрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:4.202-03 (2011 г.).

#### **Результаты и их обсуждение**

Анализы светло-каштановых почв агломерации, проведенные нами в 2006-2009 гг. выявили следующее: концентрация цинка достигает 488,7 мг/кг, меди – 182, , никеля – 33 [11-14]. Полученные данные за 2010-2012 годы показали, что концентрация цинка изменяется в интервале 29,4-195,0 мг/кг/, А ГДЕ НИКЕЛЬ И МЕДЬ. [11-14]. В 2012 г. в светло-каштановой почве южной части Волгограда было выявлена аккумуляция цинка от 34 до 304 мг/кг [11-14]. Результаты наших исследований накопления валовой, подвижной и водорастворимой форм тяжелых металлов в почвах агломерации Волгоград-Волжский представлены в таблице 1.

Для определения миграционной способности элементов нами была определена степень подвижности ( $S_n$ ), которую вычисляли по формуле:

$$S_n = TM_n / TM_v \times 100\%,$$

где  $TM_n$ ,  $TM_v$  – соответственно содержание тяжелых металлов в подвижной и валовой форме, мг/кг.

Таблица 1

Характеристика и соотношение накопления валовой, подвижной и водорастворимой форм  $TM$  в верхних горизонтах почв Волгоградской агломерации агломерации, мг/кг

Показатель	Cu	Zn	Ni
1	2	3	4
ПДК валовой/ подвижной формы	33/3	100/23	20/4
АЗС № 1			
Валовое содержание	55,34	77,06	55,79
Подвижные формы	10,11	13,13	5,80
Степень подвижности, %	18,25	17,00	10,40
Содержание в водной вытяжке	2,26	3,73	2,00
% от валового содержания	4,08	4,84	3,58
% от содержания подвижных форм	22,35	28,41	34,48
АЗС № 3			
Валовое содержание	43,32	162,09	37,33
Подвижные формы	15,90	56,30	5,11
Степень подвижности, %	36,70	34,73	13,69
Содержание в водной вытяжке	1,59	5,93	2,00
% от валового содержания	3,67	3,66	5,36
% от содержания подвижных форм	10,00	10,53	39,14
Речпорт			
Валовое содержание	64,13	73,77	65,12
Подвижной формы	7,04	7,80	5,10
Степень подвижности, %	10,98	10,57	7,83
Содержание в водной вытяжке	2,08	3,70	2,00
% от валового содержания	3,24	5,02	3,07
% от содержания подвижных форм	29,55	47,44	39,22

При определении подвижных форм тяжелых металлов было установлено, что концентрация  $Cu$  и  $Ni$  превышает ПДК во всех почвах,  $Zn$  – только в почве АЗС № 3. При этом превышение ПДК подвижной формы меди выявлено во всех изучаемых объектах более чем в 2 раза. Превышение ПДК подвижной формы цинка более чем в 2 раза – в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3.

**Медь.** Наибольшая концентрация валовой формы меди выявлена в аллювиальной песчаной почве Речпорта (64,13 мг/кг), а наименьшая – в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (43,32).

Максимальное содержание подвижной формы меди обнаружено в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (15,90), а минимальное – в аллювиальной почве Речпорта (7,04).

Максимальная концентрация водорастворимой формы меди выявлена в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 (2,26 мг/кг), а минимальная концентрация – в светло-каштановой песчаной АЗС № 3 (1,59 мг/кг), цинка – аллювиальной почве Речпорта (3,70).

Средние показатели содержания валовых форм меди в каштановых почвах Ростовской области составляют 20 мг/кг, подвижных – 0,28 мг/кг [16]. А доля кислоторастворимых форм меди в почвах области в среднем составляет 6 мг/кг [7].

В черноземах малогумусных слабовыщелоченных и каштановых почвах Краснодарского края содержание подвижной меди составляет 4,5-5,5 мг/кг [18].

По отношению к валовому содержанию элементов концентрация меди изменяется от 3,24 (в аллювиальной почве Речпорта) до 4,08% (в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1).

По отношению к подвижным формам максимальная доля водорастворимой Cu в почвах Речпорта (29,55) и АЗС № 1 (22,35%), минимальная доля водорастворимой Cu – в почве АЗС № 3 (10,00).

**Цинк.** Максимальное содержание валовой и подвижных форм цинка обнаружено в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 соответственно 162,09 и 56,30. Минимальное содержание валовой и подвижных форм цинка – в аллювиальной почве Речпорта, соответственно 73,77 и 7,80.

Содержание подвижного цинка в черноземе обыкновенном Кузнецкой области составляет 0,09 мг/кг, кобальта – 1,48 мг/кг [17].

Наибольшее содержание водорастворимой формы цинка обнаружено в светло-каштановой песчаной АЗС № 3 (5,93), а наименьшее содержание – в светло-каштановой песчаной АЗС № 3 (1,59 мг/кг), цинка – аллювиальной почве Речпорта (3,70).

Цинк легко адсорбируется не только минеральными, но и органическими компонентами, поэтому в большинстве типов почв наблюдается его аккумуляция в поверхностных горизонтах. Его источником в почвах может быть истирание деталей автомашин, износ шин, оцинковка кузовных деталей и днища.

Важными факторами, влияющими на подвижность цинка в почвах, являются содержание глинистых минералов и величина pH. При повышении pH элемент переходит в органические комплексы и связывается почвой. Ионы цинка также теряют подвижность, попадая в межпакетные пространства кристаллической решетки монтмориллонита. С органическим веществом Zn образует устойчивые формы, поэтому в большинстве случаев он накапливается в горизонтах почв с высоким содержанием гумуса и в торфе [6].

По отношению к валовому содержанию элементов концентрация цинка изменяется в интервале 3,66 (в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3) до 5,02 (в аллювиальной почве Речпорта). Доля водорастворимого Zn по отношению к его подвижной форме снижается от почв Речпорта (47,44%) к почвам АЗС № 3 (28,41) и АЗС № 1 (10,53).

**Никель.** Наибольшее содержание валовой формы никеля отмечено в аллювиальной песчаной почве Речпорта (65,12 мг/кг), а наименьшее содержание – в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (37,33).

Максимальная концентрация никеля обнаружена в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 (5,80), а минимальная концентрация выявлена в аллювиальной почве Речпорта (5,10).

Содержание водорастворимых форм никеля в почвах всех объектов одинаково и равно 2 мг/кг, не зависит от типа почв, гранулометрического состава и общего накопления элемента.

Данных по содержанию подвижных форм никеля в литературе нами не найдено.

По отношению к валовому содержанию элементов концентрация никеля варьирует в диапазоне 3,07 (в аллювиальной почве Речпорта)–5,36 (в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3). Доля водорастворимого Ni по отношению к его подвижной форме сопоставима с таковой у цинка и составляет 39,22% в почве Речпорта, 39,14 – в почве АЗС № 3 и 34,48 – в почве АЗС № 1.

Очевидно, что наибольшее число водорастворимых форм по отношению к подвижным у цинка и никеля, меньше всего – у меди.

В загрязненных почвах, по сравнению с незагрязненными, доля подвижных металлов (водорастворимых, обменных, специфически сорбированных) увеличивается в большей мере, чем содержание валовых форм. Это одно из проявлений снижения буферности почв по отношению к металлам» [10].

Для черноземных почв Белгородской области содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах от их валового количества составляет: свинца 8,5-9,4 мг/кг, цинка 1,0-1,6, меди – 0,8-1,6 [8].

Концентрация подвижных форм металлов в черноземе г. Оренбурга колеблется в широких пределах: цинка – 2-106, свинца – 0,08-23,0 мг/кг [2].

В результате исследований черноземных почв г. Ростова-на-Дону установлено, что концентрация подвижной формы тяжелых металлов (Cu, Zn) существенно превышает значения ПДК [9]. По данным ученых наименьшее содержание ТМ приходится на долю водорастворимых форм – 0,02-1% от их валового содержания [19].

Кислоты и растворы, которые используют при определении подвижных форм элементов, могут извлекать ТМ из хелатных и других комплексов и соединений, особенно азотная кислота, ис-

пользуемая нами при определении подвижных форм тяжелых металлов. Данные эксперимента убедительно показывают, что не все подвижные формы тяжелых металлов могут находиться в водном растворе.

Главным фактором накопления ТМ является техногенез, который часто «перекрывает» влияние природных факторов почвообразования, часто не коррелирует со свойствами почв, но зависит от степени антропогенной нагрузки и химических свойств самих элементов.

Формы нахождения тяжелых металлов в почвах Волгоградской агломерации приведены на рисунке 1.

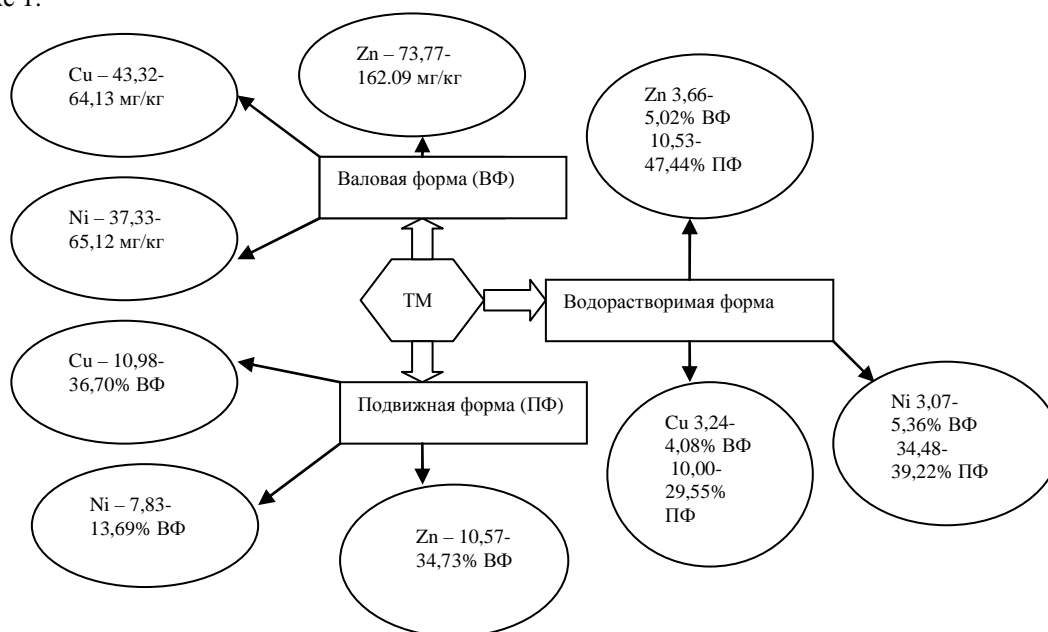


Рис. 1. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах Волгоградской агломерации

#### Заключение:

1. Во всех исследуемых почвах обнаружено превышение ПДК валовых и подвижных форм Cu, Ni, а обеих форм Zn – только в светло-каштановой почве АЗС № 3.

2. Максимальное содержание валовых форм Cu и Ni обнаружено в аллювиальных почвах Речпорта, Zn – в светло-каштановой почве АЗС № 3, а минимальное содержание валовых форм Cu и Ni – в светло-каштановой почве АЗС № 3, Zn – в аллювиальной почве Речпорта. В светло-каштановых почвах по сравнению с аллювиальными почвами выше валовое содержание Zn и ниже – Cu и Ni.

3. Наибольшее накопление подвижных форм Cu и Zn выявлена в светло-каштановой почве АЗС № 3, Ni – в светло-каштановой почве АЗС № 1, а наименьшая концентрация подвижных форм всех металлов – в аллювиальной почве Речпорта.

4. Максимальная степень подвижности характерна для Cu и Zn, минимальная – у Ni. Максимальная степень подвижности всех элементов отмечена в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3, а минимальная степень подвижности всех металлов – в аллювиальной почве Речпорта.

5. Максимальная концентрация водорастворимой формы меди выявлена в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 (2,26 мг/кг), водорастворимой формы цинка – в светло-каштановой песчаной АЗС № 3 (5,93). Минимальная концентрация водорастворимой формы меди обнаружена в светло-каштановой песчаной АЗС № 3 (1,59 мг/кг), водорастворимой формы цинка – аллювиальной почве Речпорта (3,70). Содержание водорастворимых форм никеля в почвах всех объектов одинаково и равно 2 мг/кг, не зависит от типа почв, гранулометрического состава и общего накопления элемента.

6. По отношению к валовому содержанию элементов концентрация меди изменяется от 3,24 (в аллювиальной почве Речпорта) до 4,08% (в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1), цинка – в интервале 3,66 (в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3)-5,02 (в аллювиальной почве Речпорта), никеля – в диапазоне 3,07 (в аллювиальной почве Речпорта)- 5,36 (в светло-каштановой песчаной

почве АЗС № 3). Наибольшее число водорастворимых форм по отношению к подвижным у цинка (10,53-47,44%) и никеля (34,48-39,22), а наименьшее – у меди (10,00-29,55).

Литература.

1. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Белюченко И.С. Вопросы защиты почв в системах агроландшафта / И.С. Белюченко // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 95 (01). – 32 с.
3. Вальков, В. Ф. Почвоведение / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев [и др.]. – Москва – Ростов-на-Дону: Изд. Март, 2006. – 496 с.
4. Водяницкий Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю.Н. Водяницкий. – М.: ГНУ Почв. Ин-та им. В.В. Докучаева, 2008. – 164 с.
5. Дмитриков Л.М., Дмитрикова Л.К., Пинский Д.Л. Экологическое нормирование содержания тяжелых металлов в системе почва-растение / Л.М. Дмитриков, Л.К. Дмитрикова, Д.Л. Пинский // сборник II международной научной конференции «Современные проблемы загрязнения почв» Москва, 28 мая – 01 июня 2007 г. Москва, 2007. – С. 83-87
6. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В.Б. Ильин, А.И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
7. Ковальский В.В., Андеранова Г.А. 1970. Микроэлементы в почвах СССР / В.В. Ковальский, Г.А. Андеранова. – М.: Наука. – 179 с.
8. Меленцова С.В., Лукин С.В. Мониторинг содержания тяжелых металлов в агроэкосистемах. М. 2006. – 256 с.
9. Молчанова Е.В., Капралова О.А., Кузнецов Р.В., Колесников С.И. Оценка фитотоксичности почв разных зон г. Новочеркасска / Е.В. Молчанова, О.А. Капралова, Р.В. Кузнецов, С.И. Колесников // Мат-лы научной конференции «Актуальные проблемы экологии и биологии почв», Ростов-на-Дону, 2010. С. 36-46.
10. Мотузова Г.В. Загрязнение почв – наиболее опасный вид деградации экосистем. III междунар. научн. конф. «Современные проблемы загрязнения почв». М. 24-28 мая. 2010. – С.10-12.
11. Околелова А.А., Рахимова Н.А., Желтобрюхов В.Ф. Оценка накопления тяжелых металлов в почвах Волгограда / А.А. Околелова, Н.А. Рахимова, В.Ф. Желтобрюхов. – Волгоград: ВолгГТУ, 2012. – 80 с.
12. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Куницына И.А., Кожевникова В.П. Особенности содержания мышьяка в почвах различных регионов европейской части Российской Федерации / А.А. Околелова, В.Ф. Желтобрюхов, И.А. Куницына, В.П. Кожевникова // Экология урбанизированных территорий. – М., 2013. – № 4. – С. 87-89.
13. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Рахимова Н.А., Кожевникова В.П. Содержание и нормирование тяжелых металлов в почвах Волгограда / А.А. Околелова, В.Ф. Желтобрюхов, Г.С. Егорова, Н.А. Рахимова, В.П. Кожевникова. – Волгоград: ВолгГТУ, 2014. – 144 с.
14. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Кастерина Н.Г., Мерзлякова А.С. Особенности почвенного покрова Волгоградской агломерации / А.А. Околелова, В.Ф. Желтобрюхов, Г.С. Егорова, Н.Г. Кастерина, А.С. Мерзлякова. – Волгоград: ВГАУ, 2014. – 224 с.
15. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Под ред. Д.С. Орлова и В.Д. Васильевской. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.
16. Хорошкин М.Н., Хорошкин Б.М. Микроэлементы в почвах и кормах Ростовской области. Персиановка, 1979. – 39 с.
17. Хохлова Т.И. Содержание и распределение микроэлементов в почвах Кузнецкой лесостепи // Почвоведение. 1967. № 1. С.59-66.
18. Шеуджен А.Х. Биогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИИП «Адыгея», 2003. – 1028 с.
19. Яковлев А. С. Вопросы комплексной оценки и нормирования в области охраны окружающей природной среды / А. С. Яковлев, М. В. Гучок // Нормативное и методическое обеспечение экологического мониторинга и контроля в пределах зоны антропогенного воздействия хозяйствующих субъектов на окружающую среду. – М.: МГУ, 2007. – С. 10–18.